仕様書

1．件名

遠隔技術基盤の高度化に向けた遊泳調査ロボットの技術開発 (投入治具の製作)

2．概要・目的

福島第一原子力発電所事故における事故収束対応においては、作業環境の特殊性のため高度な遠隔技術の適用が必要となる。今後の燃料デブリ取り出し作業に向けての作業においても遠隔技術を効果的に用いることが有効であり、そのためにも、遠隔装置開発のための技術基盤を確立しておくことが重要となる。さらに、当該技術の基盤を確立しておくことは、原子力発電所の廃止措置のための技術開発にも資するものである。

遠隔ロボット技術としては、災害等で作業員の立ち入りが困難となった室内空間の調査にクローラ型遠隔移動調査ロボット等の適用の実績がある。原子力発電プラントにおいては、水中で近づくことができないような環境で、かつ、構造物により狭隘空間となっているなど、アクセスが困難な箇所も存在するなど原子力プラント特有の特殊性を有する。特に、福島第一原子力発電所の事故収束に際しては、このような水中等で狭隘な空間における調査や作業が要求される。上述の目的のためには、水中部等の調査対象箇所へのアクセスの自由度が高いと考えられる遊泳調査ロボットの適用が有効である。しかしながら、複雑な閉空間で GPS を利用した位置計測ができない環境における遠隔操作は容易ではなく、遊泳技術を適用可能なものとするためには、自己位置検知技術、長尺ケーブル処理技術などの遠隔技術の高度化開発が必要である。

そこで本件では、作業員の立ち入りが制限された上述のような環境においても適用可能とするため、遠隔操作により水中等の状況調査用の水上調査ロボットの水面部までのアクセスに必要な投入治具を製作する。

3．実施内容

水上調査ロボットの投入を可能とするための投入治具を製作する。製作した投入治具は別途製作する水上調査ロボットと連携して機能検証のための実証試験を実施する。

実証試験は福島第一原子力発電所 1 号機原子炉建屋の地下階トーラス室内にて行う。 原子炉建屋 1 階床を穿孔（590mm×590mm）してトーラス室に投入するが、水面までには構造物が多く存在する。 これらの構造物とサプレッションチェンバ(圧力抑制室、以下 S/C という)の隙間を抜け、水上調査ロボットが航行する水面にまでアクセスさせる。 水上調査ロボットはケーブル処理装置を搭載しており、水面までには光ファイバケーブルが擦れて抵抗となる構造物が多く存在するため、ケーブル処理方法も重要となる。ケーブル処理装置の方式は水上調査ロボットに搭載して光ファイバケーブルを送り出し・巻き取りを行うものである。

以上より、本件で製作する投入治具は狭隘かつ高放射線作業環境下での設置作業を考慮した、軽量かつ短時間で設置及び撤去が可能な可般型とする。 光ファイバケーブルガイドを有し、

水上調査ロボットの設置及び回収が可能なものとする。実証試験におけるコンフィギュレーションを図 1 長尺ケーブル処理技術の実証試験コンフィギュレーション (実施例)に示す。

上記を受けた本件の実施項目の詳細を以下に示す。

3.1 適用対象

高線量環境下のため作業員の立ち入りが制限される建物内部の気中領域。なお、水上調査ロボット投入環境は気中領域に適用する。

3.2 環境条件

(1) 温度環境は以下のとおりとする。

最高温度: 40 ℃

最低温度: 0 ℃

(2) 耐放射線性を有すること。

瞬間線量率: 20 Gy/h

集積線量率: 200 Gy (目標値)

(3) トーラス室内の水位は以下のとおりとする。

水位: OP. 4000 mm 以下 (S/C 中心が OP. 3570mm)

1 階床面から 7000mm程度

3.3 製作する治具の概要

本件で製作するのは、ケーブル処理装置を搭載した水上調査ロボット部と地上コンソール部を接続するデータ送受信ケーブルが接続された状態でトーラス室内水位面まで水上調査ロボットを投入する治具である。 水上調査ロボットは搭載されたケーブル処理装置により、100m の光ファイバケーブルの送り出し・巻き取りを行うものである。

3.4　製作する治具の要求仕様

3.4.1　投入治具

(1) 形状・構造

①!狭隘部での引っ掛り及び損傷を生じないように、突起部を極力なくすこと。

②!水上調査ロボットへの損傷及び、投入治具自体が損傷しないような機構かつ、十分な強度を有すること。

③!狭隘部での投入方向付けが投入治具の制御により可能であること。

④!水上調査ロボットの航行方向付けが可能であること。

⑤!水上調査ロボットに搭載された光ファイバーケーブルが投入治具および、構造物に絡まない構造とすること。

⑥!水上調査ロボットと投入治具との切り離し、結合が可能であること。

⑦!物を落下させないように、外れる可能性のある部位には極力落下防止措置を講ずること。

⑧!投入治具設置時の固定方法は以下のいずれかとする。

・穿孔装置固定用の基礎ボルトを流用する構造を有する。 但し、固定位置については調整中であり、固定位置が決まり次第、追加対応可能な構造とする。

・投入治具専用の固定用基礎ボルトにて固定する。

・基礎ボルトを追設しない安定性を有する構造とする。

⑨!作業時間

・投入治具本体の設置・回収作業:各2時間

・水上調査ロボットの投入・回収時間(セッティングも含む):各1時間

⑩!遠隔操作が必要な場合、コントローラまでの距離は 50m 以上とすること。

⑪!水上調査ロボット投入・回収時に必要な、投入治具と水上調査ロボットとの取合い方法・構造について提案のこと。

⑫!水上調査ロボット投入・回収時の遠隔監視用カメラを搭載すること。

(2) 質量・寸法

① 質量:　運搬時は、作業員による搬出入が許される 20 kg 以下とすること。
困難な場合は、部組みとし、1ユニット 20kg 以下とすること。
ただし、できる限り軽量化に努めること。

② 寸法:　設置状態:幅 1600mm、奥行 2000mm、高さ 2000mm 程度以下(図 2 参照)

(3) 投入・回収

① 図 3、図 4 に示す寸法制約を通過して水上調査ロボットの投入・回収が可能な機能を有すること。

(4) 防水性能

①!水上調査ロボット回収時の汚染水の飛散を考慮して、防水機能を有すること。

②!投入・回収時に一時的に投入治具の先端部が水没(水深 1000mm 以内)する可能性を考慮すること。

③!水洗浄に耐えられること。

3.4.2 投入対象

(1) 水上調査ロボット

① 質量:20kg 以下(計画値)

② 寸法(ケーブルリール含む):長さ 1000mm、幅、高さΦ370mm 以内(計画値)

(2) ケーブル

① 種別:光ファイバケーブル (35℃の真水に浮く比重とする)

② 寸法: 外径 3 ㎜(計画値) 長さ:100 m 以上

③ 強度: 静的引張強度 500 N 以上 (目標)

④ 剛性: 絡みにくいように適度な剛性を有する。

⑤ 色: 視認性の良い色。

(3) ケーブルリール

① 安全領域に設置する水上調査ロボットの操作コンソールから操作員が遠隔で送り出し、巻き取りを行う。

② 送り出したケーブルが水上調査ロボットに張力を掛けないような構造を有する。

③ 送り出し・巻き取り動作によってドラムにまかれたケーブルが緩まない構造を有する。

3.4.3 信頼性

(1) 既に使用実績があるなど、できる限り信頼性の高い部品やソフトなどを組み込むものとすること。

3.4.4 安全性

(1) 一般産業機器と同等の安全性を有すること。

3.4.5　ヒューマンマシンインタフェース

(1) できる限り操作が容易であること。なお、必要に応じて受注者による操作指導、もしくはトレーニングを行うこと。
(2) 本体が直視できない場所から遠隔で操作ができること。
(3) サイトでの操作を考慮し、綿手袋の上からゴム手袋を 2 枚装着した状態で扱えること。
(4) 手で触れる可能性のある部位からはシャープエッジを排除すること。
(5) メンテナンス時や起動時などの作業性が良好なシステムとすること。

3.4.6　メンテナンス性

(1) 装置は、作業員によるメンテナンスを行えるようにすること。
(2) ボルトやナットなどの細かな部品を極力使用せず、容易に部品交換を行うことができ、以下を考慮の上、短時間での保守・補修が可能であること。
    ① 採用する部品については、可能な限り長納期品を使用せず、入手が容易かつ短納期品を選定すること。
    ② 日本の規格に準拠し、市販工具類で取扱えること。
(3) 全面水洗浄が可能で、容易に洗浄水が抜ける形状とすること。
(4) 消耗品、故障が予測される部品類は重装備(ゴム手袋を装着した状態)の手作業で交換できること。

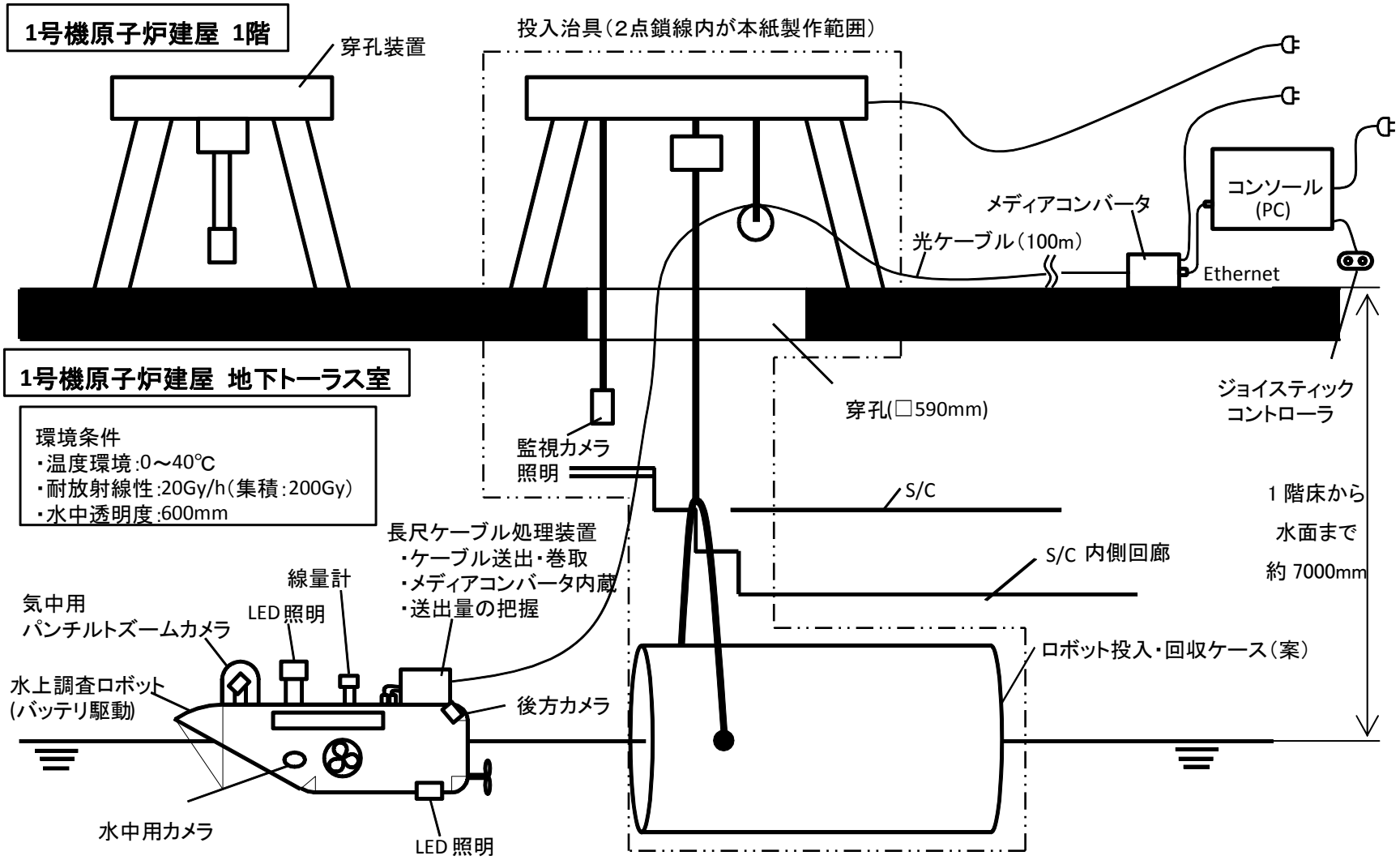


図 1 長尺ケーブル処理技術の実証試験コンフィギュレーション (実施例)

注記 1：図中の寸法は設計値からの推定を含むものであり、現場据付環境によっては本図寸法にずれが生じている可能性があるため、機器設計においては余裕を見込む必要あり。

注記2：図中の寸法値は全て mm

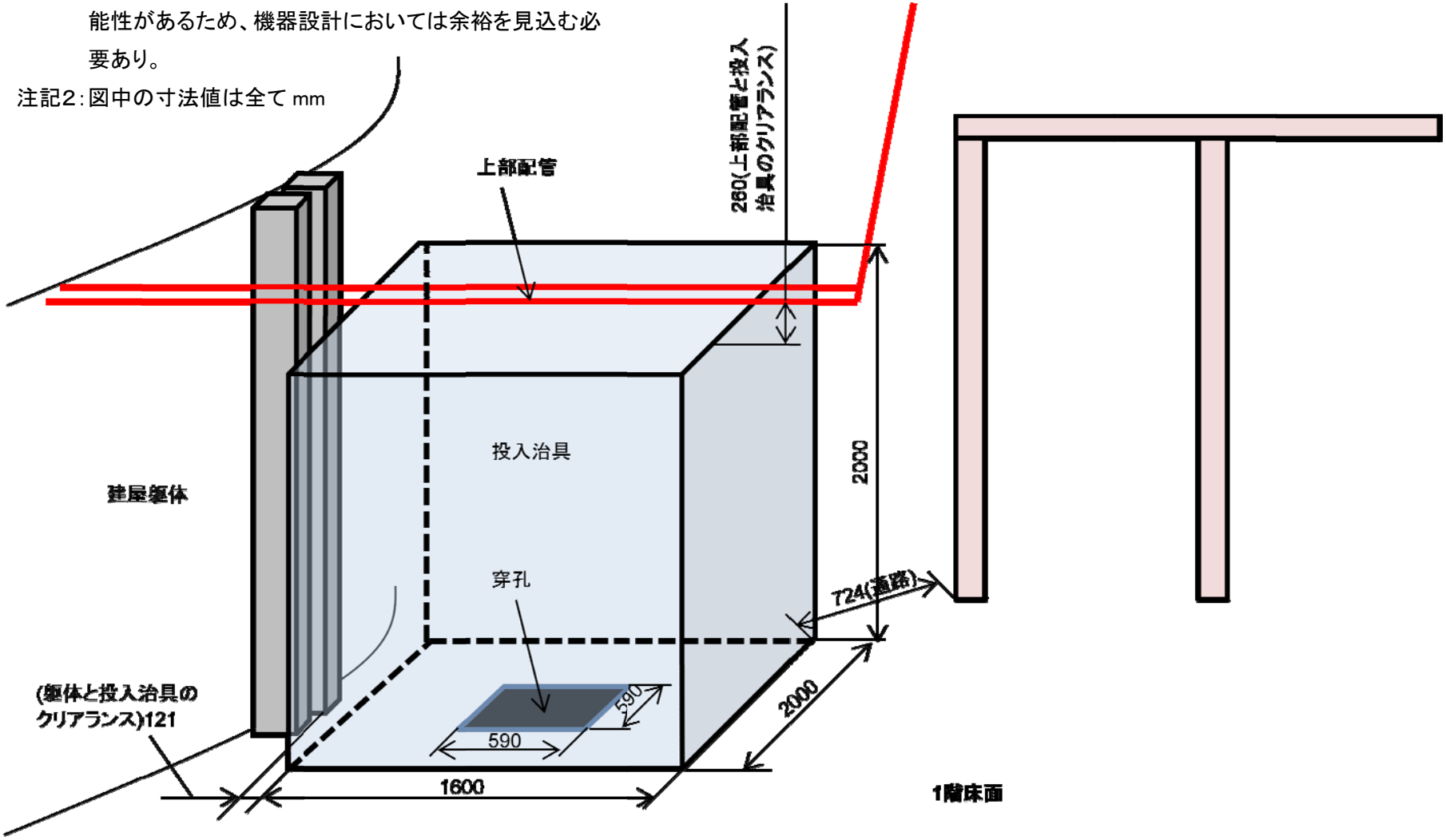
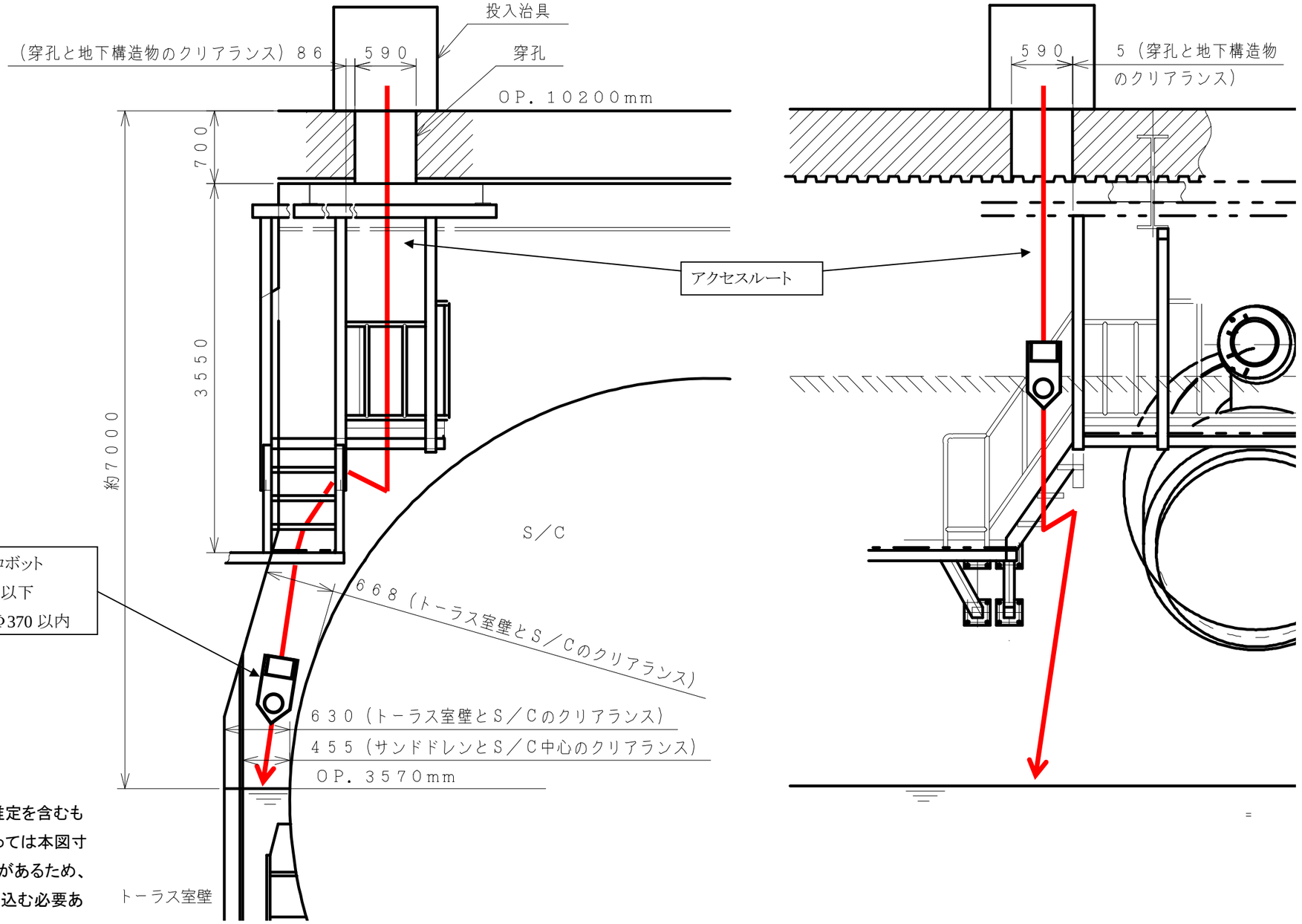


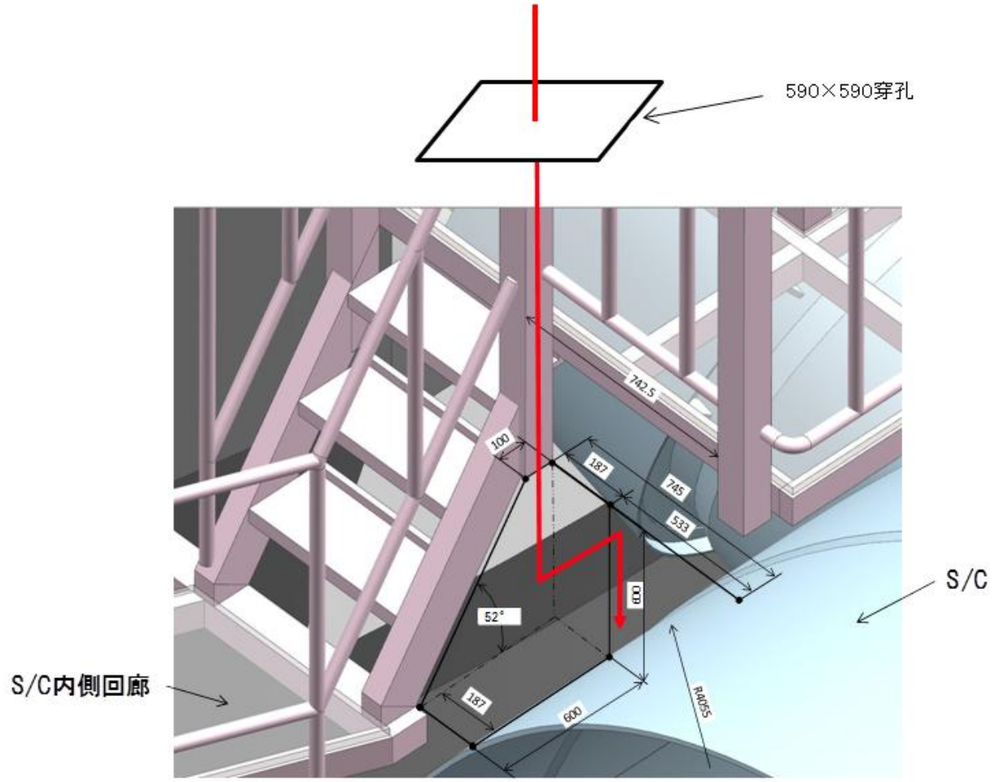
図 2　投入治具設置エリア制限

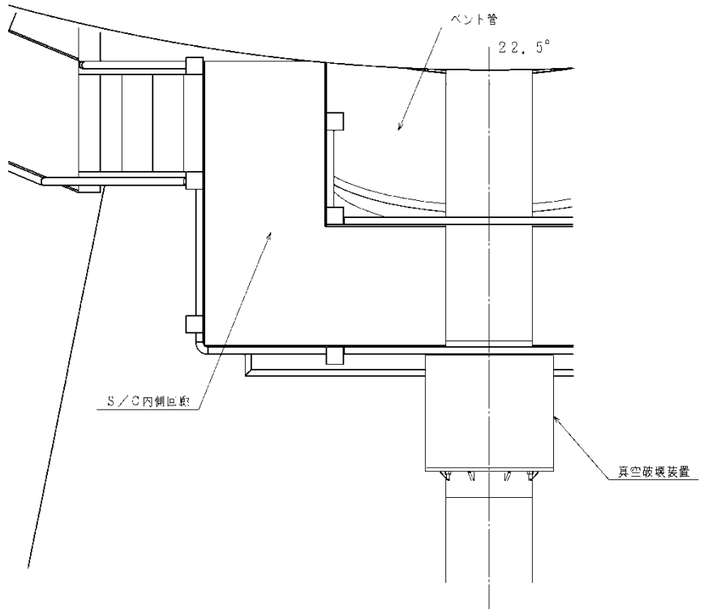


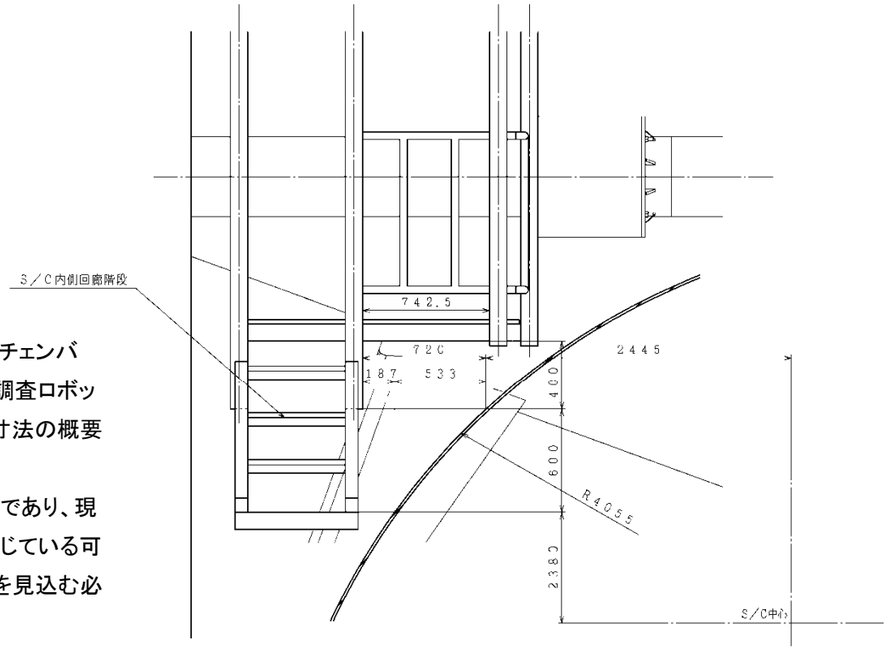
注記 1:図中の寸法は設計値からの推定を含むものであり、現場据付環境によっては本図寸法にずれが生じている可能性があるため、機器設計においては余裕を見込む必要あり。

注記2:図中の寸法値は全て mm

図 3 投入時の寸法制約およびアクセスルート







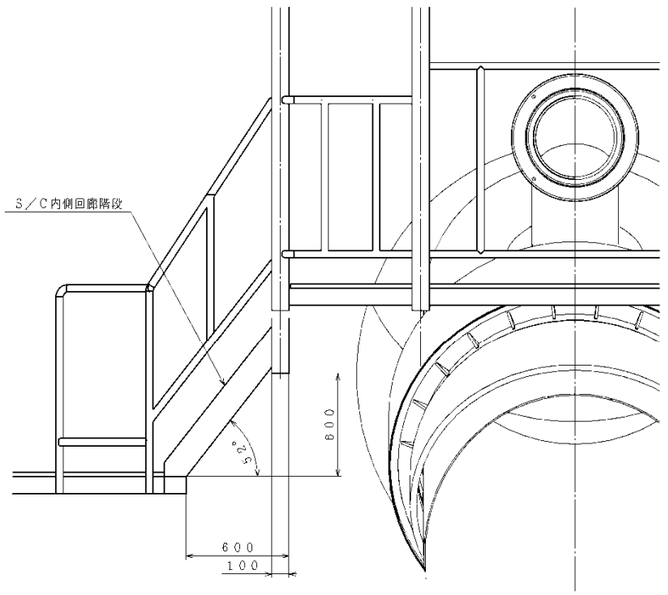


図 4 キャットウォークと S/C の寸法制約

注記1：本図は、トーラス室内の S/C（サプレッションチェンバ（圧力抑制室））と内側回廊の隙間から水上調査ロボット等の調査機器を投入する際のルート周辺寸法の概要を記載したもの。

注記2：図中の寸法は設計値からの推定を含むものであり、現場据付環境によっては本図寸法にずれが生じている可能性があるため、機器設計においては余裕を見込む必要あり。

注記3：図中の寸法値は全て mm

3.5　試験・検査

(1) 投入治具の機能・性能が妥当であることを確認するための試験・検査を行うこと。

(2) 単体での機能・性能を確認するために必要な試験設備は受注者が準備すること。

(3) 試験・検査仕様を表 1　試験・検査項目に示す。

3.6　輸送

(1) 納入品は試験・検査終了後、7 項の納入場所に輸送のこと。

3.7　モックアップ試験支援

(1) 発注者が実施する水上調査ロボットのモックアップ試験について技術支援を行うこと。

表 1 試験・検査項目

No.	試験・検査項目	要領	判定基準	備考
1	外観検査	目視にて図面、図書と照合する。	変形、割れ、傷がないこと。 図面通りであること。	
2	員数検査	納入品明細書と照合する。	納入品明細書通りであること。	
3	寸法検査	図面に規定した寸法を実測する。	図面に規定した寸法が別途定める許容範囲内であること。	
4	単体試験	投入治具単体の機能・性能を確認する。	投入治具の機能・性能が要求を満たしていること。	
5	照射試験 (耐放射線性確認試験)	投入治具の電気品について、作動状態で照射試験を実施する。	実力値の把握のみ	受注者または発注者にて耐放射線性データを所有している場合は若しくは、電気品を使用しない場合は不要

4. 実施期間

委託契約日から、平成 25 年 8 月 29 日まで

ただし、投入治具は水上調査ロボットとのモックアップ試験の為、平成 25 年 8 月 10 日までに製作のこと。

5. 納入物

以下の物品を納入のこと。なお、3.5 項、3.6 項および 3.7 項に示す作業を含む。

(1) 投入治具: 1 式
(2) 耐放射線性確認機材(必要に応じ): 1 式
(3) 保管・輸送用収納箱 (必要に応じ): 1 式
(4) 予備品(必要に応じ): 1 式
(5) 消耗品(必要に応じ): 1 式

6. 提出図書

以下の図書を各 2 部提出のこと。また、最終的に図書を一括に収めた CD-ROM を 2 部提出のこと。

① 工程表
② 実施計画書
③ 図面 (外形図、構造図、システム系統図など)
④ 機器設計仕様書
⑤ 試験・検査成績書
⑥ 取扱説明書
⑦ 納入品明細書
⑧ MSDS (必要に応じて)
⑨ エンジニアリングシート
⑩ 打合せ議事録

7. 納入場所

日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社
日立事業所 臨海工場 BWR 予防保全技術センター
住所: 〒319-1221 茨城県日立市大みか町五丁目 2 番 2 号

8. 検収条件

試験の合格および納入物の受領をもって検収とする。

9. 特記事項

9.1 一般責任事項

本仕様に関わる一切の作業は、全ての工程において、十分な品質管理を行うこととする。

9.2 適用法規および規格

(1) 電気事業法 (2011 年)
(2) 原子力基本法 (2004 年)
(3) 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律 (2011 年)
(4) 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律 (2010 年)
(5) 労働安全衛生法 (2011 年)
(6) 労働基準法 (2008 年)
(7) 日本工業規格 (JIS)
(8) 日本電機工業会標準規格 (JEM)
(9) 日本電気規格調査会標準規格 (JEC)
(10) 日本電線工業会規格 (JCS)
(11) 国際標準化機構規格 (ISO)
(12) その他、関係する諸法令、規格・基準

9.3 確認事項

(1) 発注者と受注者の間で打合せを行った際には、受注者側で議事録を作成し、発注者および受注者双方の署名または押印を付し、各々1 部保有するものとする。議事録の提出がない場合は打合せの決定事項は発注者の解釈を有効とする。
(2) 発注者からの文書または口頭による質問事項に対しては速やかに回答するものとする。回答は文書によることを原則とするが、急を要する場合には口頭でも良いものとする。ただし、口頭により回答した場合は一週間以内に必ず文書にて提出するものとする。文書の提出がない場合は回答に対する発注者の解釈を有効とする。

9.4 保証およびアフターサービス

(1) 保証期間は検収後 1 年とする。保証期間内に受注者の責任と認められる故障または欠陥が生じた場合は、速やかに補修または新品との交換を行うこと。
(2) 製品納入後、不具合により改造または部品交換を行った場合の保証期間は、改造または部品交換を行った時点から再起算するものとする。
(3) 保証期間完了後であっても、発注者の要請により受注者は誠意を持ってアフターサービスを実施するものとする。

9.5　知的所有権

納入品またはその使用もしくは販売が第三者の知的所有権を侵害しないものであること。万一、侵害しているか、その恐れがある場合は、発注者へ速やかに通知するとともに、受注者の責任と負担において処理・解決すること。

9.6　その他条件

(1) 本事業は、国からの委託事業であることから、支払いに当たっての記録を保管する。
(2) 受注者は発注者と緊密な連絡を取りつつ設計・製作を行うこと。
(3) 受注者は、発注者から提示する検討資料、情報を本契約以外の目的で第三者に提供してはならない。
(4) 本仕様に関して疑義が生じた場合は、双方協議の上、発注者が指示するものとする。